

補助事業番号 28-135  
補助事業名 平成28年度 平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡システムの超小型化 補助事業  
補助事業者名 電気通信大学 情報理工学研究科 准教授 渡邊 恵理子

## 1 研究の概要

レンズを一切用いることなく対象物体の拡大再生像を得ることが可能なインライン型のデジタルホログラフィック顕微鏡を開発した。本研究では、超小型化が可能な平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡 (PLC-DHM: Digital Holographic Microscope based on Planar Lightwave Circuit) において、定量位相イメージング、3次元イメージングを実現できる。

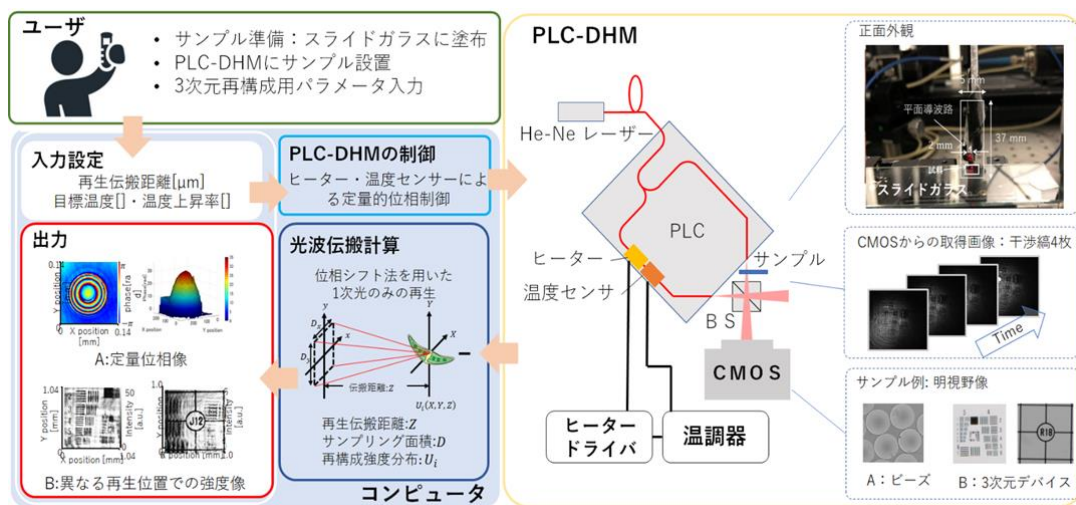
## 2 研究の目的と背景

生体の計測、特に診断や検査用途においては、非染色・非侵襲であること、また、画像情報として計測できることも重要である。デジタルホログラフィック顕微鏡 (DHM) は非染色・非侵襲でサンプルの強度像と定量位相を計測できる。測定後に計算機上で伝搬距離を変えて再生することが可能であることから、サンプルに対して、それぞれの位置にフォーカスを合わせた再生ができる利点がある。定量位相情報も細胞検査等の応用においてその有効性が報告されており、注目されている。一般に、DHMにおいては物体を拡大する必要があり、通常は物体拡大用に対物レンズを搭載する。しかしながら、そのレンズの焦点距離やレンズのサイズによって、装置の小型化には限界があった。一方で、参照光を球面波とすることで、レンズによる拡大効果と同様の効果を得られるため、点光源さえ生成できれば、原理的には完全にレンズレスな構成でDHMの実装が可能である。そこで我々は光通信で多く用いられている平面導波路に注目し、光源の分岐と球面参照波の生成のための点光源を生成するために平面導波路を用いることで、完全にレンズレスで小型なDHMを実現することを目的とした。

## 3 研究内容：平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡システムの超小型化の開発 (<http://thetis.f-lab.tech.uec.ac.jp/projects/view/11>)

本研究では、下記に示すPLC-DHMシステムを開発した。光源には波長632.8 nmのHe-Neレーザーを使用し、偏波保持ファイバを通して平面導波路に入射させ、平面導波路内で物体光と参照光に分波させる。平面導波路から出射した物体光はサンプルに照射され、ビームスプリッタを介して参照光と干渉させ、ホログラムの記録を行う。ユーザーは、計測対象試料をスライドガラス状に塗布し、PLC-DHMに設置する。次に出力として取得したい試料の深さ方向(結像位置)のパラメータや、定量位相データの座標、およびシステム上必要となるパラメータ設定(位相シフトの際に用いるヒーターの目標温度と温度上昇率)を入力し、計測をスター

トする。これによりPLC-DHMの計測が始まる。PLC-DHMでは、光源に波長632.8 nmのHe-Neレーザーを使用し、偏波保持ファイバを通して平面導波路に入射させ、平面導波路内で物体光と参照光に分波させる。平面導路から出射した物体光はサンプルに照射され、ビームスプリッタを介して参照光と干渉させ、ホログラムの記録を行う。位相シフトの際に用いるヒーターの目標温度と温度上昇率を決定する。あらかじめ設定したこれらのパラメータにより参照光側に取り付けられたヒーターと温度センサにより定量的位相制御を行う。位相シフトさせた干渉縞をCMOSカメラで記録する。得られた干渉縞画像の位相シフト量を算出し、位相が $\pi/2$ シフトした干渉縞画像を4枚選択する。この4枚の干渉縞画像をPC上で画像処理を行うことで1次光のみの再生像を取得できる。



平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡システム

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本技術により、デジタルホログラフィック顕微鏡が超小型化され、定量位相情報や3次元情報を簡易に取得できる顕微鏡システムが実現できる。さらに、今後AWG(arrayed waveguide grating)と組み合わせることで3次元フルカラーの微細構造(欲しい波長での像分布)を取得可能になるため、新しい診断ツール、新たな治療方法、新しい工業製品の検査方法などが創出できると考えられる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

光の高精度位相制御により従来の情報処理技術・光干渉技術の限界を超えるいくつかのシステムを提案・実証してきた。本研究における、平面導波路型定量位相顕微鏡システムは、これまでの研究の延長でありながらも、大きなステップを超えたシステムが実現できたと考えられる。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

知財：

1. 渡邊恵理子, 岡本勝就, 水野潤, 星野和博, 池田佳奈美, “光学測定装置,” (特願2015-0114).

## 7 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

H28-29平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡システムの超小型化の研究開発  
(<http://thetis.f-lab.tech.uec.ac.jp/projects/view/11>)

平成28年度

- 1) Natsumi Hara, Kanami Ikeda, Katsunari Okamoto and Eriko Watanabe, “Evaluation of planar lightwave circuit for digital holographic microscope”, The Irigo Conference 2016, P67 (Tokyo 2016. 11) 優秀ポスター賞受賞
- 2) Kanami Ikeda, Natsumi Hara, Katsunari Okamoto and Eriko Watanabe, “Improvement of Spatial Resolution of Planar Lightwave Circuit Digital Holographic Microscope,” Digital Holography & 3-D Imaging Meeting OSA Technical Digest, paper DTh1I.2 (2016.6 in Heidelberg, Germany).
- 3) 原菜摘 “平面導波路型レンズレスデジタルホログラフィック顕微鏡のための平面導波路の評価”, 平成28年度第1回コンテンポラリーオプティクス研究会, H28-11 (東京, 2016.10)
- 4) 原菜摘, 池田佳奈美, 岡本勝就, 渡邊恵理子 “平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡の高分解能化”, 日本光学会年次学術講演会Optics Photonics Japan 2016, 1pP18 (東京2016.11)
- 5) 池田佳奈美, 原菜摘, 岡本勝就, 渡邊恵理子 “平面導波路型レンズレスデジタルホログラフィック顕微鏡の試作と評価,” レーザー学会, (徳島2017. 1)
- 6) 原菜摘, 池田佳奈美, 岡本勝就, 渡邊恵理子 “平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡の開発”, 第64回応用物理学会春季学術講演会. (2017)

平成29年度

- 7) 佐竹宏基, 井元克駿, 池田佳奈美, 岡本勝就, 渡邊恵理子, 平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡の多波長化に向けた基礎検討, Optics & Photonics Japan 2017
- 8) Hiroki Satake, Kanami Ikeda, Hiroyuki Kowa, Takashi Hoshiba and Eriko Watanabe, Experimental Demonstration of a Digital Holographic Microscope Based on a Planar Lightwave Circuit, 22nd Microoptics Conference (MOC2017)
- 9) 池田佳奈美, 佐竹宏基, 岡本勝就, 渡邊恵理子, 平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡による生体観測, 第23回画像センシングシンポジウム(SSII2017)

- 10) Kanami Ikeda, Natsumi Hara, Katsunari Okamoto, Eriko Watanabe, Bio-imaging using lightwave circuit digital holographic microscope, Biomedical Imaging and Sensing Conference 2017 (BISC' 17)
- 11) Eriko Watanabe, Kanami Ikeda, Katsunari Okamoto, Lensless Digital Holographic Microscope Based on A Planar Lightwave Circuit, Optical Fiber Sensors Conference 2017 (OFS 2017)
- 12) 井元克駿、佐竹宏基、池田佳奈美、岡本勝就、渡邊恵理子、平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡での定量位相イメージング、第65回応用物理学会春季学術講演会 (2017)
- 13) 井元克駿、佐竹宏基、池田佳奈美、岡本勝就、渡邊恵理子、平面導波路型デジタルホログラフィック顕微鏡での定量位相イメージング、第12回関東学生研究論文講演会 (2017)

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 電気通信大学 情報理工学研究科 渡邊研究室  
(デンキツウシンダイガク ジョウホウリコウガクケンキュウカ  
ワタナベケンキュウシツ)

住 所： 〒182-8585  
東京都調布市調布ヶ丘1-5-1

申 請 者： 准教授 渡邊 恵理子 (ワタナベ エリコ)

担 当 部 署： 同上

E - m a i l : eriko.watanabe@uec.ac.jp

U R L : <http://thetis.f-lab.tech.uec.ac.jp>